

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-218065

(43)Date of publication of application : 31.07.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/301
H01L 33/00
H01S 5/02

(21)Application number : 2002-329878

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 16.12.1997

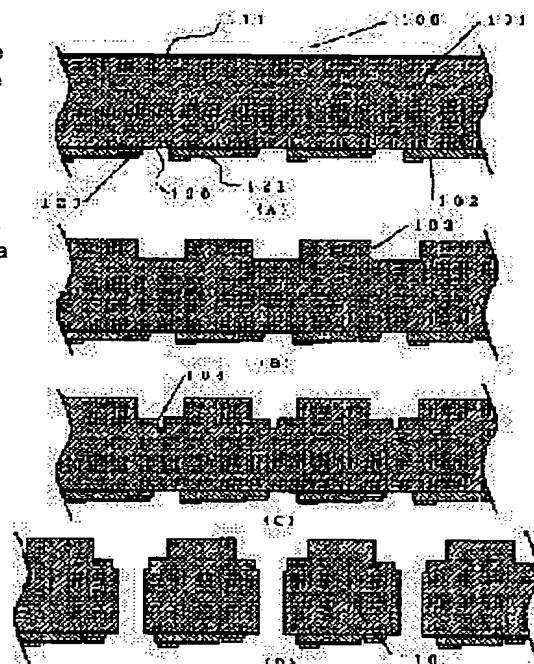
(72)Inventor : SHONO HIROBUMI
TOYODA TATSUNORI

(54) MANUFACTURING METHOD OF NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of a nitride semiconductor element which is superior in the smoothness of division edge faces and in the yield.

SOLUTION: In the manufacturing method of a nitride semiconductor element, a semiconductor wafer (100) where a nitride semiconductor (102) is formed on a substrate (101) is divided into nitride semiconductors (110). Especially, the manufacturing method for the nitride semiconductor element has a process for forming an island-like nitride semiconductor, by exposing a substrate from the first main surface side of first and the second main surfaces of the semiconductor wafer (100), a process for forming a groove (103) in the substrate (101) in at least the first main surface side and/or the second main surface side, a process for forming along a brake line (104) in the groove (103) by laser irradiation and a process of separating the semiconductor wafer along the brake line (104).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into a nitride semiconductor device (110) the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed on the substrate (101). said semi-conductor wafer (100) — the 1st and 2nd principal planes — having — this — with the process which is made to expose a substrate from a 1st principal plane side, and forms an island-like nitride semi-conductor at least — this — with the process which forms a slot (103) in the substrate (101) by the side of the 1st principal plane and/or the 2nd principal plane. The manufacture approach of the nitride semiconductor device characterized by having the process which forms Blake Rhine (104) in this slot (103) by laser radiation, and the process which separates a semi-conductor wafer along said Blake Rhine (104).

[Claim 2] Said 1st principal plane (121) is the manufacture approach of the nitride semiconductor device which is the nitride semi-conductor laminating side of the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor was formed only in one side on a substrate (101), and was indicated by the claim 1 publication which is the substrate exposure side which said 2nd principal plane (111) counters through a semi-conductor wafer.

[Claim 3] Said Blake Rhine is the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 1 which is the crevice (104) formed in the slot base of a substrate (101).

[Claim 4] Said Blake Rhine is the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 1 which is the processing affected zone (204) formed in the interior of a substrate (201).

[Claim 5] The manufacture approach of the nitride semiconductor device according to claim 1 which forms said slot (103) by at least one sort chosen from a diamond scribe, a dicer, an etching system, and a laser beam machine.

[Claim 6] The manufacture approach of a nitride semiconductor device according to claim 1 that the width of face of said slot (103) is 10 micrometers or more 35 micrometers or less, and the depth of said slot (103) is 3.7 micrometers or more 100 micrometers or less.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of dividing a nitride semiconductor device from the light emitting diode which can emit light from an ultraviolet region to orange, laser diode, and the semi-conductor wafer by which the nitride semi-conductor laminating was further carried out especially on the substrate with respect to the manufacture approach of the 3-5 group semiconductor device which can be driven also in the elevated temperature.

[0002]

[Description of the Prior Art] The semiconductor device using the nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) which has a high energy band gap is being developed variously today. The semiconductor laser to which the light emitting diode with which blue, green, and ultraviolet can emit light, respectively, and purple-blue light can emit light as an example of a device using a nitride semi-conductor is reported. Furthermore also in an elevated temperature, the various semiconductor devices with a high mechanical strength in which a stable drive is possible are mentioned.

[0003] Usually, when semiconductor materials, such as GaAs and GaP which are used as semiconductor devices, such as an LED chip with which red, orange, yellow, etc. can emit light, and InGaAlAs, are the semi-conductor wafers by which the laminating was carried out, from a semi-conductor wafer, it is started in the shape of a chip by the dicer or the diamond scribe, and is formed. After a dicer carries out full cutting of the semi-conductor wafer in rotation of the disk which uses the edge of a blade as a diamond or cuts the slot of width larger than edge-of-a-blade width deeply (half cutting), it is equipment cut according to external force. the needle which uses a tip as a diamond as well as a diamond scribe on the other hand — a line (scribe Rhine) very thin to a semi-conductor wafer — for example, after lengthening in a grid pattern, it is equipment cut according to external force. The crystal of zinc structure which carries neither GaP nor GaAs has cleavage in the "110" directions. Therefore, semi-conductor wafers, such as GaAs, GaAlAs, and GaP, can be divided into a request configuration comparatively easily using this property.

[0004] However, it is difficult for the semiconductor device using a nitride semi-conductor to make a single crystal form unlike semiconductor devices made to form on GaP, GaAlAs, or a GaAs semi-conductor substrate, such as GaAsP, GaP, and InGaAlAs. in order to obtain the single crystal film of a crystalline good nitride semi-conductor — MOCVD — law and HDVPE — making it form in tops, such as sapphire and a spinel substrate, through a buffer using law etc. is performed. Therefore, semiconductor devices, such as an LED chip, must be made to form in desired magnitude by carrying out cutting separation the whole nitride semi-conductor layer formed on silicon on sapphire etc.

[0005] The nitride semi-conductor by which a laminating is carried out to sapphire, a spinel, etc. is hetero-epi structure. a nitride semi-conductor — silicon on sapphire etc. — lattice constant irregular ** — coefficient of thermal expansion also differs greatly. Moreover, silicon on sapphire has the crystal structure of hexagonal system, and does not have the property top cleavage. Furthermore, it is the matter with Mohs hardness very as hard [sapphire and a nitride semi-conductor] as about 9.

[0006] Therefore, it was difficult to cut only with a diamond scribe. Moreover, when full cutting was carried out by the dicer, it was not able to cut finely that it is easy to generate a crack and a chipping in the cutting plane. Moreover, there was a case where a nitride semi-conductor layer exfoliated partially from a substrate depending on the case.

[0007] Therefore, the nitride semi-conductor wafer is considered in how to use it combining a diamond scribe or a dicer as indicated by JP,8-274371,A etc. as an approach of dividing for every desired chip. As a concrete example, the process which manufactures a nitride semiconductor device from drawing 5 (A) to drawing 5 (D) is shown. Drawing 5 (A) shows the semi-conductor wafer 500 with which the nitride semi-conductor 502 was formed on silicon on sapphire 501. Drawing 5 (B) shows the process which forms the slot 503 by the dicer (non-** Fig.) in the depth which does not reach the nitride semi-conductor 502 from the inferior-surface-of-tongue side of silicon on sapphire 501. Drawing 5 (C) shows the process which forms scribe Rhine 504 in a slot with a diamond scribe. Drawing 5 (D) has shown the separation process which separates the semi-conductor wafer 500 in the shape of [510] a chip after the scribe process. Thereby, it is supposed that it can cut comparatively finely, without the crack of a cutting plane and a chipping occurring.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when forming the slot 503 which made thickness of the semi-conductor wafer 500 thin partially by the dicer etc. beforehand and making scribe Rhine 504 form in a slot 503 with a diamond scribe, the bottom of the edge-of-a-blade fang furrow section 503 of a diamond scribe must be contacted.

[0009] That is, the edge of a blade of a diamond scribe is usually larger than the disk width of face of a dicer. Therefore, like drawing 6, the edge of a blade 601 of a diamond scribe may not reach the base of the slot 503 formed in the semi-conductor wafer 500. When a scribe is made to drive in this condition, it is in the inclination for scribe Rhine 704 like drawing 7 which desired scribe Rhine 703 was not formed but was distorted to be formed, at the flat surface of a semi-conductor wafer. In order to prevent these and to contact the bottom of the edge-of-a-blade fang furrow section 503 of a diamond scribe, it is necessary to make large width of face of the slot 503 formed by the dicer. If a slot 503 becomes large, the semiconductor device from a semi-conductor wafer will take, and a number will decrease.

[0010] On the other hand, when width of face of a slot is narrowed, in order to make the bottom of an edge-of-a-blade fang furrow contact, it is necessary to make the depth of a slot 503 shallow. When a slot 503 is made shallow, there is an

inclination it to become difficult for the thickness of the separation section of a semi-conductor wafer to become thick, and to separate a semi-conductor wafer correctly. Therefore, all had the problem that an exact more small nitride semiconductor device could not be formed.

[0011] In today when to make a smaller nitride semiconductor device form with sufficient mass-production nature correctly is desired, it is not enough in the above-mentioned cutting process, and the outstanding manufacture approach of a nitride semiconductor device is searched for. If a semi-conductor wafer can be correctly separated in the shape of a chip, without damaging the crystallinity of a nitride semi-conductor, the electrical property of a semiconductor device etc. can be raised. And since many semiconductor devices can be obtained from one semi-conductor wafer, productivity is also raised.

[0012] Therefore, this invention is faced dividing a nitride semi-conductor wafer in the shape of [smaller] a chip, and lessens the crack of a cutting plane, and generating of a chipping more. Moreover, it aims at offering the manufacture approach which can form the nitride semiconductor device divided into a desired form and size with the sufficient yield with sufficient mass-production nature, without spoiling the crystallinity of a nitride semi-conductor.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into the nitride semiconductor device 110 the semi-conductor wafer 100 with which the nitride semi-conductor 102 was formed on the substrate 101. Especially the semi-conductor wafer 100 is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of having the process which has the 1st and 2nd principal planes, and forms a slot 103 in the substrate 101 by the side of the 1st principal plane and/or the 2nd principal plane at least, the process which forms Blake Rhine 104 in a slot 103 by laser radiation, and the process which separates a semi-conductor wafer along Blake Rhine 104.

[0014] The manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 2 of this invention is the nitride semi-conductor laminating side of the semi-conductor wafer 100 with which the nitride semi-conductor was formed for the 1st principal plane 121 only at one side on a substrate 101, and the 2nd principal plane 111 is the substrate exposure side which counters through a semi-conductor wafer.

[0015] The manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 3 of this invention is the crevice 104 where Blake Rhine was formed in the slot base of a substrate 101.

[0016] The manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 4 of this invention is the processing affected zone 204 by which Blake Rhine was formed in the substrate 201 interior.

[0017] The manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 5 of this invention forms a slot 103 by at least one sort chosen from a diamond scribe, a dicer, an etching system, and a laser beam machine.

[0018] A slot 403 is formed in the front face of 1st principal plane side 421 on which the substrate 401 was exposed beforehand for the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 6 of this invention. The width of face of a slot 103 is 10 micrometers or more 35 micrometers or less, and the depth of a slot 103 of the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 7 of this invention is 3.7 micrometers or more 100 micrometers or less.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Variously, without damaging a semi-conductor property by irradiating laser in the specific part of a semi-conductor wafer, when a nitride semiconductor device is manufactured, as a result of the experiment, this invention persons find out that the nitride semiconductor device excellent in mass-production nature can be manufactured, and came to accomplish this invention.

[0020] That internal stress produces near the slot why the separation end face by the approach of this invention is evenly formed along a break line with the fang furrow section formation which is not certain and its internal stress, and a break line are considered to be greatly related to an amputation stump side configuration.

[0021] Namely, internal stress produces the slot mechanically shaved off by the dicer, the diamond scribe, etc. at the time of the slot formation. Distortion is amplified widely besides a slot bottom by the load applied to the edge of a blade of a scribe in the process which forms scribe Rhine by the diamond scribe along the base of a slot especially. Therefore, if a diamond scribe is made to separate after slot formation, the end face as a request will not be formed of the stress held in the semi-conductor wafer, but it will be thought that a nitride semi-conductor wafer is more inseparable into accuracy.

[0022] This invention generates the local stress which contributes to division with a laser scribe, without being dependent on the internal stress produced by the dicer. Thereby, an end face is beautiful (smooth) and is considered that it can manufacture the good nitride semiconductor device of mass-production nature. Moreover, in order to separate a nitride semiconductor device, the thickness of a semi-conductor wafer makes a thin slot form partially. By forming narrow Blake Rhine by laser radiation, it can form deeply to the depth of a request of very thin Blake Rhine, and the good nitride semiconductor device of mass-production nature can be separated from the slot. Hereafter, the example of the manufacture approach of this invention is explained.

[0023] The nitride semi-conductor layer of a configuration of being set to LD (laser diode) was made to form on a spinel substrate as a semi-conductor wafer. The laminating of the barrier layer of InGaN which specifically serves as the multiplex quantum well structure where doped the buffer layer of GaN, the contact layer of the n mold GaN, the cladding layer of the n mold AlGaIn, the lightguide layer of the n mold GaN, and Si, and the presentation of In was changed on the spinel substrate, the cap layer of the p mold AlGaIn, the lightguide layer of the p mold GaN, the cladding layer of the p mold AlGaIn, and the contact layer of the p mold GaN is carried out. A slot is made to form the spinel substrate side of this semi-conductor wafer in a semi-conductor wafer front face in all directions by wet etching. The CO₂ laser was irradiated on the base of a slot and Blake Rhine was made to form in the interior of a spinel substrate in all directions along a slot as a processing affected zone. Pressurization with a roller is made to separate as a nitride semiconductor device along Blake Rhine. As for each separated nitride semiconductor device, the end face is formed finely. Hereafter, the equipment used for the process of this invention is explained in full detail.

[0024] (Nitride semi-conductor wafer) As a nitride semi-conductor wafer, a nitride semi-conductor layer is formed on a substrate. Although various things, such as sapphire, a spinel, silicon carbide, a zinc oxide, and a gallium nitride single crystal, are mentioned, in order to make a crystalline good nitride semi-conductor layer with sufficient mass-production nature form as a substrate of a nitride semi-conductor, silicon on sapphire, a spinel substrate, etc. are used suitably. Silicon

on sapphire etc. does not have cleavability, and since it is very hard, this invention will commit it effectively especially.

[0025] a nitride semi-conductor (InXGaYAl1-X-YN , $0 \leq X$, $0 \leq Y$, $X+Y \leq 1$) — MOCVD — law and HVPE — many things can be formed by law etc. It can use as a semiconductor device by making a PN junction, PIN junction, and MIS junction form in a nitride semi-conductor. The structure of a semi-conductor can also choose terrorism junction etc. variously to gay junction, a heterojunction, or double. Moreover, it can also consider as the single quantum well structure and multiplex quantum well structure which were used as the thin film which is extent from which the quantum effectiveness produces a semi-conductor layer.

[0026] Since the band gap is comparatively greatly strong with heat, a nitride semi-conductor can be used as various semiconductor devices, such as a transistor which has photo detectors, such as light emitting devices, such as available short wavelength laser, a photosensor, and a solar battery that has high electromotive force comparatively, and thermal resistance in light emitting diode, DVD, etc. which can emit light from ultraviolet to a red system.

[0027] Although many things can be chosen with the process tolerance and the output of a laser beam machine as thickness of a substrate, when making a large slot (trench) form with laser, it is desirable not to make the slot by laser processing etc. too much form greatly from viewpoints, such as that it takes time amount compared with a dicer and partial destruction by prolonged heating.

[0028] Moreover, the width of face of the viewpoint formed with mass-production nature good the yield and sufficient in a desired form and size as a slot formed in a semi-conductor wafer of a dicer etc. to a slot is desirable 35 micrometers or less, and 30 micrometers or less are more desirable. Furthermore, it is 25 micrometers or less preferably. About a minimum, although there is especially no limit, when forming by the dicer, since the edge of a blade will blur if it is made not much thin too much, it is in the inclination which cannot form a slot easily thinly and deeply. Therefore, 10 micrometers or more are desirable and 15 micrometers or more are more desirable. Furthermore, it is 20 micrometers or more preferably. Moreover, although the depth of a slot is based also on the thickness of a semi-conductor wafer, 3.7 micrometers or more are desirable from mass-production nature or the ease of carrying out of separation, and it is 4.5 micrometers or more more preferably. Furthermore, it is 5.2 micrometers or more preferably. It is desirable for a upper limit to be 100 micrometers or less in consideration of mass-production nature, although there is especially no limit. Since similarly a slot cannot form [width-of-face a depth of 5.2 micrometers or more of 35 micrometers or less] in a slot more preferably scribe Rhine which contributes to division of a semi-conductor wafer like drawing 6 with a diamond scribe in the range of width-of-face depth 3.7 micrometers or more of 25 micrometers or less still more preferably width-of-face a depth of 4.5 micrometers of 30 micrometers or less, especially the effectiveness of this invention is large.

[0029] In addition, as an approach of only forming a slot in a nitride semi-conductor wafer, it can form in the processing pan of wet etching, dry etching, a dicer, a diamond scribe, or laser with these combination. However, it is desirable to use a dicer, in order to make thickness of a semi-conductor wafer thin partially efficiently with a certain amount of width of face. Especially when a slot is made to form using a dicer, it is in the inclination out of which the difference of the beauty (smooth nature) of the end face when dividing in the shape of a chip comes notably. That is, although the crevice was made to form with laser when what used laser and separated the semi-conductor wafer after making a slot form using a dicer was compared with the thing made to separate with a diamond scribe after making a slot form using a dicer, respectively, a separation end face has a direction in the inclination formed finely. Such smooth nature may serve as a remarkable difference, when carrying out the optical design using the silicon on sapphire which is a translucency insulating layer.

[0030] When making the silicon on sapphire to which the laminating of the nitride semi-conductor was carried out separate, in order to make an amputation stump side cut with sufficient mass-production nature, the thickness of the thinnest separation section of a nitride semi-conductor wafer has desirable 100 micrometers or less. If it is 100 micrometers or less, a chipping etc. can dissociate few comparatively easily. Moreover, although especially the minimum of the thickness of a substrate does not ask, since mass-production nature will become being easy to be divided bad in the semi-conductor wafer itself if it is made not much thin, it is desirable that it is 30 micrometers or more.

[0031] When a nitride semi-conductor layer contains thin films, such as single quantum well structure and multiplex quantum well structure, etching etc. can also remove beforehand the nitride semi-conductor layer by which laser is beforehand irradiated in order to prevent the semi-conductor junction by laser radiation, and damage on a semi-conductor layer.

[0032] When considering as the nitride semi-conductor wafer for light emitting diodes, there is usually thickness of 200 to 500 micrometers with a substrate, and there is thickness of several micrometers to dozens of micrometers in a nitride semi-conductor layer with pn junction. Therefore, most semi-conductor wafers will be occupied by the thickness of a substrate. In order to make processing by laser easy to perform, thickness of a substrate can be made thin by polish. Such polish can also make a nitride semi-conductor form on the substrate which could make thin and was ground thinly, after making a nitride semi-conductor form.

[0033] In addition, it is thought that the nitride semi-conductor wafer with which laser was irradiated becomes the processing affected zone which is the set of a microscopic micro clock or the exposure section used as the focus flies alternatively. Moreover, Blake Rhine of this invention may remove the slot front face of a semi-conductor wafer, and may make a processing affected zone form in an interior side rather than the slot of a substrate. Furthermore, in addition to Blake Rhine by laser beam machining formed near the slot, this invention may carry out laser beam machining of the core of the total thickness of a semi-conductor wafer.

[0034] (Laser beam machine) What is necessary is just to be able to form a crevice, a processing affected zone, etc. used as Blake Rhine as a laser beam machine used for this invention. Specifically, an YAG laser, a CO2 laser, an excimer laser, etc. are used suitably. There is little deterioration of heat and especially an YAG laser can form Blake Rhine. Moreover, since a CO2 laser can mention power, it is excellent in cutting capacity.

[0035] the laser irradiated by the laser beam machine can be variously boiled by request, and can make a focus adjust according to the optical system of a lens etc. Therefore, a crevice, a processing affected zone, etc. can be made to form, without making the focus of the arbitration of a semi-conductor wafer damage a nitride semi-conductor by laser radiation. Moreover, desired configurations, such as the shape of the shape of the shape of a perfect circle and an ellipse or a rectangle, can also be made to adjust the exposure side of laser by letting a filter pass etc.

[0036] Only the laser which laser radiation equipment itself may be moved to formation of Blake Rhine by the laser beam machine, and is irradiated can also be made to scan and form by a mirror etc. Furthermore, desired Blake Rhine can also be formed by making the stage holding a semi-conductor wafer drive [rotation / the upper and lower sides, right and left, / 90 degree] variously. It cannot be overemphasized that it is not what is hereafter limited only to an example although the example of this invention is explained in full detail.

[0037]

[Example] (Example 1) the sapphire which is 200 micrometers in thickness and was washed — a substrate 101 — carrying out — MOCVD — the laminating of the nitride semi-conductor was carried out using law, and the nitride semi-conductor wafer was made to form After a nitride semi-conductor divided a substrate, it was made to form as multilayers so that it may work as a light emitting device 110. First, the buffer layer with a thickness of about 200A was made to form by pouring the hydrogen gas which is NH₃ (ammonia) gas, TMG (trimethylgallium) gas, and carrier gas as material gas in 510 degrees C.

[0038] Next, after stopping the inflow of TMG gas, the GaN layer with a thickness of about 4 micrometers which works as an n mold contact layer was made to form by mentioning the temperature of a reactor to 1050 degrees C, pouring SiH₄ (silane) gas as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas, and pouring hydrogen gas as carrier gas again.

[0039] The barrier layer made the undoping InGa_N layer with a thickness of about 3nm deposit by considering only as carrier gas, once holding the temperature of a reactor at 800 degrees C, and pouring hydrogen gas as material gas the back as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, TMI (trimethylindium), and carrier gas.

[0040] In order to make a cladding layer form on a barrier layer, after suspending the inflow of material gas and holding the temperature of a reactor at 1050 degrees C, hydrogen gas was formed as Cp₂Mg (cyclo PENTAJIERUMAGUSHIUMU) gas and carrier gas, and the GaAlN layer with a thickness of about 0.1 micrometers was made to form as a sink p mold cladding layer as material gas as NH₃ (ammonia) gas, TMA (trimethylaluminum) gas, TMG gas, and dopant gas.

[0041] The temperature of a reactor is maintained at 1050 degrees C, hydrogen gas is formed as Cp₂Mg gas and carrier gas, and the GaN layer with a thickness of about 0.5 micrometers was made to form as a sink p mold contact layer as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas as material gas finally (in addition, annealing treatment of the p mold nitride semi-conductor layer has been carried out above 400 degrees C.).

[0042] The semi-conductor wafer with which it was made to etch into it until the interface with the silicon on sapphire in which a slot is formed from a nitride semi-conductor front-face side of RIE (Reactive Ion Etching) was exposed to the semi-conductor wafer, and two or more island-like nitride semi-conductor layers were formed is used. In addition, a mask is made to form and it is made to have removed after etching so that pn each semi-conductor may be exposed at the time of etching. Moreover, the electrode 120 is formed in pn each semi-conductor layer by the sputtering method (drawing 1 (A)).

[0043] In this way, after grinding the silicon on sapphire 101 of the formed nitride semi-conductor wafer 100 to 100 micrometers, the vacuum chuck was used and it was made to fix on the table horizontally which can be driven free so that the silicon-on-sapphire side 111 of the semi-conductor wafer 100 may turn up. By moving a stage by blade engine-speed 30,000rpm and cutting speed 3 mm/sec, 30 micrometers of **** and a slot with a depth of about 15 micrometers are formed in the base of silicon on sapphire 101 in all directions, and it considers as a slot 103. If a slot 103 is seen from silicon-on-sapphire exposure side of nitride semi-conductor wafer 100 111, it is made to have formed in the magnitude of 300-micrometer angle from which it is formed in the etching side 130 and abbreviation parallel, and each serves as a nitride semiconductor device after that (drawing 1 (B)).

[0044] Next, it changed for YAG laser irradiation equipment with which only a mechanical component can irradiate laser (356nm), such as the edge of a blade of a dicer, (non-** Fig.). Immobilization of the nitride semi-conductor wafer 100 makes the optical system of laser adjust so that the focus of laser may be connected to slot 103 base of a nitride semi-conductor wafer, maintaining. The crevice 104 as further slot with a depth of about 3 micrometers is formed as Blake Rhine along the base of a slot 103 by moving a stage, making the adjusted laser beam irradiate by 16 J/cm² (drawing 1 R> 1 (C)).

[0045] Along Blake Rhine, a load can be applied with a roller (non-** Fig.), and cutting separation of the nitride semi-conductor wafer 100 can be carried out. Each end face of the separated nitride semiconductor device 110 can form a nitride semiconductor device without a chipping or a crack (drawing 1 (D)).

[0046] In this way, when power was supplied to the LED chip which is the formed nitride semiconductor device, while all could emit light, there was almost nothing that the crack and the chipping have produced in an amputation stump side. Moreover, the generated chipping was also very small and the yield was 98% or more.

[0047] Thereby, since Blake Rhine is formed by laser, the cost which is generated for the variation [exhausting / a cutter] of the process tolerance by degradation and edge-of-a-blade exchange unlike the thing using a diamond scribe can be reduced. The manufacture yield is raised and the variation in a configuration can be reduced. It becomes possible to make end cost small, and for a semiconductor device to take, and to raise a number especially.

[0048] (Example 2) Blake Rhine was made to form like an example 1 except having made the optical system of laser adjust and having made deep the focal depth in the laser radiation equipment of an example 1. Although the crevice is not formed in the slot 203 where formed Blake Rhine serves as a front face of a substrate 201, it is formed in the substrate 201 interior as a processing affected zone (drawing 2 (C)).

[0049] Even if it makes formation of Blake Rhine form in substrate 201 inside instead of slot 203 base, the almost same yield as the LED chip of an example 1 can be formed.

[0050] (Example 3) the sapphire which is 150 micrometers in thickness and was washed — a substrate 301 — carrying out — MOCVD — the laminating of the nitride semi-conductor was carried out using law, and the nitride semi-conductor wafer 300 was made to form The nitride semi-conductor was made to form as multilayers on a substrate. First, the buffer layer with a thickness of about 200A was made to form by pouring the hydrogen gas which is NH₃ (ammonia) gas, TMG (trimethylgallium) gas, and carrier gas as material gas in 510 degrees C.

[0051] Next, after stopping the inflow of TMG gas, the GaN layer with a thickness of about 4 micrometers which works as an n mold contact layer was made to form by mentioning the temperature of a reactor to 1050 degrees C, pouring SiH₄ (silane) gas as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas, and pouring hydrogen gas as carrier gas again.

[0052] The barrier layer made the undoping InGa_N layer with a thickness of about 3nm deposit by considering only as

carrier gas, once holding the temperature of a reactor at 800 degrees C, and pouring hydrogen gas as material gas the back as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, TMI (trimethylindium), and carrier gas.

[0053] In order to make a cladding layer form on a barrier layer, after suspending the inflow of material gas and holding the temperature of a reactor at 1050 degrees C, hydrogen gas was formed as Cp₂Mg (cyclo PENTAJIERUMAGUSHIUMU) gas and carrier gas, and the GaIN layer with a thickness of about 0.1 micrometers was made to form as a sink p mold cladding layer as material gas as NH₃ (ammonia) gas, TMA (trimethylaluminum) gas, TMG gas, and dopant gas.

[0054] The temperature of a reactor is maintained at 1050 degrees C, hydrogen gas is formed as Cp₂Mg gas and carrier gas, and the GaN layer with a thickness of about 0.5 micrometers was made to form as a sink p mold contact layer as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas as material gas finally (drawing 3 (A)). (In addition, annealing treatment of the p mold nitride semi-conductor layer has been carried out above 400 degrees C.) the front face 321 in which the nitride semi-conductor was formed in the semi-conductor wafer 300 made to form — a top — carrying out — horizontal — freedom — the vacuum chuck was used and it was made to fix on a movable stage Even a substrate 301 makes the slot 303 in every direction form in the principal plane of the semi-conductor wafer 300 from nitride semi-conductor laminating side side 321 by blade rotational frequency 30,000rpm and cutting speed 3 mm/sec by the dicer (non-** Fig.). The slot 303 formed of the dicer is 25 micrometers in width of face, and is made to form so that spacing of the base of a slot 303 and silicon-on-sapphire exposure side 311 in which the nitride semi-conductor is not formed may become homogeneity mostly by 50 micrometers (drawing 3 (B)).

[0055] Next, it changed for YAG laser irradiation equipment with which only a mechanical component can irradiate laser (356nm), such as the edge of a blade of a dicer, (non-** Fig.). A focus makes it make it slot 303 base of immobilization of the nitride semi-conductor wafer 300 which adjusted the optical system of laser and was formed suit maintaining. The crevice 304 with a depth of about 3 micrometers is formed as Blake Rhine along a slot 303 by moving a stage, making the adjusted laser beam irradiate by 16 J/cm² (drawing 3 (C)).

[0056] Along Blake Rhine, a load can be made to be able to act with a roller (non-** Fig.), and cutting separation of the nitride semi-conductor wafer 300 can be carried out. Each end face of the separated nitride semiconductor device 310 can form the nitride semiconductor device which has neither a chipping nor a crack mostly (drawing 3 (D)). In this way, there was almost nothing that the crack and the chipping have produced in the amputation stump side of the formed nitride semi-conductor.

[0057] (Example 4) The silicon on sapphire 401 of the semi-conductor wafer 400 made to form like an example 1 is ground to 80 more micrometers, and mirror plane finishing is carried out. Nitride semi-conductor laminating side 421 was turned up, and the same stage (non-** Fig.) as an example 3 was made to place in a fixed position this semi-conductor wafer 400 (drawing 4 (A)).

[0058] 25 micrometers of **** and the slot 403 with a depth of about 10 micrometers are made to form from nitride semi-conductor laminating side side 421 by the dicer along the etching side 430 beforehand etched in the example 4 (drawing 4 (B)).

[0059] Next, it changed for YAG laser irradiation equipment with which only a mechanical component can irradiate laser (356nm), such as the edge of a blade of a dicer, (non-** Fig.). A focus makes it make it slot 403 base of immobilization of the nitride semi-conductor wafer 400 which adjusted the optical system of laser and was formed suit maintaining. The crevice 404 with a depth of about 3 micrometers is formed as Blake Rhine along a slot 403 by moving a stage, making the adjusted laser beam irradiate by 16 J/cm² (drawing 4 (C)).

[0060] Along Blake Rhine, a load can be made to be able to act with a roller (non-** Fig.), and cutting separation of the nitride semi-conductor wafer 400 can be carried out. Each separated end face can form the nitride semiconductor device 410 which almost has neither a chipping nor a crack (drawing 4 (D)).

[0061] When the LED chip 410 which is the separated nitride semiconductor device was made to energize, all could emit light, and when the end face was investigated, there was almost nothing that the chipping and the crack have produced. The yield was 98% or more.

[0062] (Example 5) The semi-conductor wafer was separated like the example 1, and the LED chip was made to form except having used the excimer laser instead of the exposure of the YAG laser of an example 1. Each separation end face of the formed LED chip has the beautiful field which can emit light and has neither a chipping nor a crack like the example 1.

[0063] (Example 1 of a comparison) The semi-conductor wafer was made to separate like an example 1 except having carried out the scribe 3 times repeatedly along the slot with the diamond scribe instead of laser beam machining. The crack and the chipping had produced partially the nitride semiconductor device from which the example 1 of a comparison was separated. Moreover, bent scribe Rhine like drawing 7 was formed, and it was about 75% of yield.

[0064]

[Effect of the Invention] This invention forms the slot which reaches the substrate of a semi-conductor wafer, and forms Blake Rhine by laser radiation in the slot. Without this causing degradation of the process tolerance by edge-of-a-blade consumption etc., more, narrowly, width of face enables the highly precise Blake Rhine formation which does not have processing variation in the trench section, and becomes possible [dividing a nitride semiconductor device along Blake Rhine easily and correctly]. Therefore, the product supply to which the configuration was equal, and improvement in the product yield are attained.

[0065] Moreover, degradation of a scribe cutter like before and reduction of the processing cost generated by exchange are attained by forming Blake Rhine by non-contact to a semi-conductor wafer by laser radiation.

[0066] Furthermore, it becomes possible for there to be no damage to the semi-conductor by slot formation, and to manufacture a reliable component by forming the slot which reaches a substrate from a semi-conductor stratification plane side in the semi-conductor wafer from which the nitride semi-conductor was removed beforehand.

[0067] It ends by forming the slot where width of face is more narrow by forming the crevice by the side of a nitride semi-conductor laminating side by laser radiation. For this reason, it becomes possible for the nitride semiconductor device from a semi-conductor wafer to take, and to raise a number.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 1 of this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 2 of this invention.

[Drawing 3] Drawing 3 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 3 of this invention.

[Drawing 4] Drawing 4 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 4 of this invention.

[Drawing 5] Drawing 5 is the typical fragmentary sectional view having shown the cutting process of the nitride semi-conductor wafer shown for this invention and a comparison.

[Drawing 6] Drawing 6 is a typical fragmentary sectional view in case a diamond scriber cuts a nitride semi-conductor wafer.

[Drawing 7] Drawing 7 is the typical part plan having shown distortion produced at the time of scribe line formation of the nitride semi-conductor wafer shown for this invention and a comparison.

[Description of Notations]

100 200,300,400,700 ... Semi-conductor wafer

101, 201, 301, 401 ... Substrate

102, 202, 402 ... Island-like nitride semi-conductor

103, 203, 303, 403 ... Slot formed in the substrate front face

104, 304, 404 ... Blake Rhine by the crevice formed in the slot base

204 ... Blake Rhine by the processing affected zone formed in the interior of a substrate

302 ... Nitride semi-conductor

110, 210, 310, 410 ... Nitride semiconductor device

111, 311, 411 ... Substrate exposure side

120, 220, 420 ... Electrode

121, 321, 421 ... Nitride semi-conductor laminating side

130 430 ... Etching side

500,600 ... Semi-conductor wafer

501 ... Substrate

502 ... Nitride semi-conductor layer

503 603 ... Slot formed in silicon on sapphire

504 604 ... Scribe Rhine formed in the slot base

510 ... Nitride semiconductor device

601 ... The edge of a blade of a diamond scriber

703 ... Scribe Rhine formed in normal

704 ... Scribe Rhine formed by being distorted

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-218065
(P2003-218065A)

(43)公開日 平成15年7月31日(2003.7.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/301		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 4 1
33/00		H 0 1 S 5/02	5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/02		H 0 1 L 21/78	B
			L

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-329878(P2002-329878)
(62)分割の表示 特願平9-345937の分割
(22)出願日 平成9年12月16日(1997.12.16)

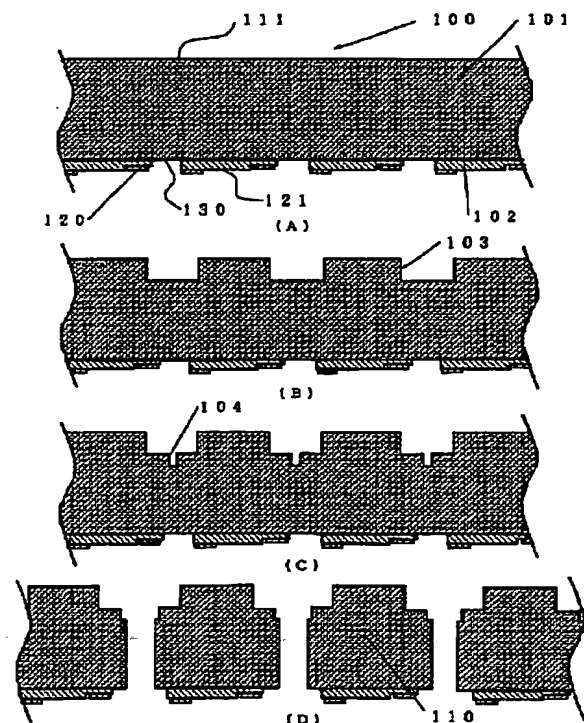
(71)出願人 000226057
日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100
(72)発明者 庄野 博文
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
(72)発明者 豊田 達憲
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
Fターム(参考) 5F041 AA40 AA41 CA34 CA40 CA46
CA75 CA76 CA77
5F073 AA45 AA74 CA07 CB05 DA34
DA35 EA29

(54)【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】分割端面の平滑性に優れ歩留まりの優れた窒化物半導体素子の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明は、基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法である。特に、前記半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し該第1の主面側から基板を露出させて島状窒化物半導体を形成する工程と、少なくとも該第1の主面側及び／又は第2の主面側の基板(101)に溝部(103)を形成する工程と、該溝部(103)にブレイク・ライン(104)をレーザー照射により形成する工程と、前記ブレイク・ライン(104)に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、

前記半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し、該第1の主面側から基板を露出させて島状窒化物半導体を形成する工程と、少なくとも該第1の主面側及び／又は第2の主面側の基板(101)に溝部(103)を形成する工程と、

該溝部(103)にブレイク・ライン(104)をレーザー照射により形成する工程と、

前記ブレイク・ライン(104)に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項2】前記第1の主面(121)は基板(101)上の一方にのみ窒化物半導体が形成された半導体ウエハー(100)の窒化物半導体積層側であり、前記第2の主面(111)は半導体ウエハーを介して対向する基板露出面側である請求項1記載に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項3】前記ブレイク・ラインは基板(101)の溝部底面に形成された凹部(104)である請求項1に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】前記ブレイク・ラインは基板(201)内部に形成された加工変質部(204)である請求項1に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】ダイヤモンドスクライバー、ダイサー、エッチング装置、レーザー加工機から選択される少なくとも1種によって前記溝部(103)を形成する請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】前記溝部(103)の幅が $10\mu\text{m}$ 以上 $35\mu\text{m}$ 以下であり、前記溝部(103)の深さが $3.7\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下である請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード、さらには高温においても駆動可能な3-5族半導体素子の製造方法に係わり、特に、基板上に窒化物半導体積層された半導体ウエハーから窒化物半導体素子を分割する製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】今日、高エネルギーバンドギャップを有する窒化物半導体($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$)を利用した半導体素子が種々開発されつつある。窒化物半導体を利用したデバイス例として、青色、緑色や紫外がそれぞれ発光可能な発光ダイオードや青紫光が発光可能な半導体レーザが報告されている。さらには高温においても安定駆動可能かつ機械的強度が高い各種半導体素子などが挙げられる。

【0003】通常、赤色、橙色、黄色などが発光可能なLEDチップなどの半導体素子として利用されるGaAs、GaPやInGaAlAsなどの半導体材料が積層された半導体ウエハーの場合は、半導体ウエハーからダイサーやダイヤモンドスクライバーによりチップ状に切り出され形成される。ダイサーとは刃先をダイヤモンドとする円盤の回転運動により半導体ウエハーをフルカットするか、又は刃先巾よりも広い巾の溝を切り込んだ後(ハーフカット)、外力によりカットする装置である。一方、ダイヤモンドスクライバーとは同じく先端をダイヤモンドとする針により半導体ウエハーに極めて細い線(スクライブ・ライン)を例えば基盤目状に引いた後、外力によってカットする装置である。GaPやGaAs等のせん亜鉛構造の結晶は、へき開性が「110」方向にある。そのため、この性質を利用してGaAs、GaAlAs、GaPなどの半導体ウエハーを比較的簡単に所望形状に分離することができる。

【0004】しかしながら、窒化物半導体を利用した半導体素子は、GaP、GaAlAsやGaAs半導体基板上に形成させたGaAsP、GaPやInGaAlAsなどの半導体素子とは異なり単結晶を形成させることが難しい。結晶性の良い窒化物半導体の単結晶膜を得るためには、MOCVD法やHDVPE法などを用いサファイアやスピネル基板など上にバッファを介して形成させることが行われている。そのため、サファイア基板などの上に形成された窒化物半導体層ごと所望の大きさに切断分離することによりLEDチップなど半導体素子を形成させなければならない。

【0005】サファイアやスピネルなどに積層される窒化物半導体はヘテロエピ構造である。窒化物半導体はサファイア基板などとは格子定数不整が大きく熱膨張率も異なる。また、サファイア基板は六方晶系という結晶構造を有しており、その性質上へき開性を有していない。さらに、サファイア、窒化物半導体ともモース硬度がほぼ9と非常に硬い物質である。

【0006】したがって、ダイヤモンドスクライバーのみで切断することは困難であった。また、ダイサーでフルカットすると、その切断面にクラック、チップングが発生しやすく綺麗に切断できなかった。また、場合によっては基板から窒化物半導体層が部分的に剥離する場合があった。

【0007】そのため窒化物半導体ウエハーは所望のチップごとに分割する方法として特開平8-274371号などに記載されているようにダイヤモンドスクライバーやダイサーを組み合わせ使用する方法が考えられている。具体的一例として、図5(A)から図5(D)に窒化物半導体素子を製造する工程を示す。図5(A)は、サファイア基板501上に窒化物半導体502が形成された半導体ウエハー500を示す。図5(B)はサファイア基板501の下面側から窒化物半導体502に

達しない深さでダイサー（不示図）による溝部 503 を形成する工程を示す。図 5（C）は、溝部にダイヤモンドスクライバーでスクライブ・ライン 504 を形成する工程を示す。図 5（D）は、スクライブ工程の後、半導体ウエハー 500 をチップ状 510 に分離する分離工程を示してある。これにより、切断面のクラック、チッピングが発生することなく比較的綺麗に切断することができるとされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、あらかじめダイサーなどで半導体ウエハー 500 の厚みを部分的に薄くさせた溝部 503 を形成し、溝部 503 にダイヤモンドスクライバーでスクライブ・ライン 504 を形成させる場合、ダイヤモンドスクライバーの刃先が溝部 503 の底に接触しなければならない。

【0009】即ち、通常ダイサーの円盤幅よりもダイヤモンドスクライバーの刃先の方が大きい。そのため図 6 の如く、ダイヤモンドスクライバーの刃先 601 が半導体ウエハー 500 に形成された溝部 503 の底面に届かない場合がある。この状態でスクライバーを駆動させると半導体ウエハーの平面では図 7 の如き、所望のスクライブ・ライン 703 が形成されず歪んだスクライブ・ライン 704 が形成される傾向にある。これらを防止する目的でダイヤモンドスクライバーの刃先が溝部 503 の底に接触するためにはダイサーで形成した溝部 503 の幅を広くする必要がある。溝部 503 が広がると半導体ウエハーからの半導体素子の採り数が減少する。

【0010】他方、溝の幅を狭くした場合は刃先が溝の底に接触させるために溝部 503 の深さを浅くする必要がある。溝部 503 を浅くすると半導体ウエハーの分離部の厚みが厚くなり半導体ウエハーを正確に分離することが困難になる傾向がある。したがって、何れも正確により小さい窒化物半導体素子を形成することができないという問題があった。

【0011】より小さい窒化物半導体素子を正確に量産性よく形成させることが望まれる今日においては上記切断方法においては十分ではなく、優れた窒化物半導体素子の製造方法が求められている。窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性等を向上させることができる。しかも、1 枚の半導体ウエハーから多くの半導体素子を得ることができるため生産性をも向上させられる。

【0012】したがって、本発明は窒化物半導体ウエハーをより小さいチップ状に分割するに際し、切断面のクラック、チッピングの発生をより少なくする。また、窒化物半導体の結晶性を損なうことなく、かつ歩留りよく所望の形、サイズに分離された窒化物半導体素子を量産性良く形成することができる製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板 101 上に窒化物半導体 102 が形成された半導体ウエハー 100 を窒化物半導体素子 110 に分割する窒化物半導体素子の製造方法である。特に、半導体ウエハー 100 は第 1 及び第 2 の主面を有し少なくとも第 1 の主面側及び／又は第 2 の主面側の基板 101 に溝部 103 を形成する工程と、溝部 103 にブレイク・ライン 104 をレーザー照射により形成する工程と、ブレイク・ライン 104 に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有する窒化物半導体素子の製造方法である。

【0014】本発明の請求項 2 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、第 1 の主面 121 が基板 101 上の一方にのみ窒化物半導体が形成された半導体ウエハー 100 の窒化物半導体積層側であり、第 2 の主面 111 は半導体ウエハーを介して対向する基板露出面側である。

【0015】本発明の請求項 3 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ブレイク・ラインが基板 101 の溝部底面に形成された凹部 104 である。

【0016】本発明の請求項 4 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ブレイク・ラインが基板 201 内部に形成された加工変質部 204 である。

【0017】本発明の請求項 5 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ダイヤモンドスクライバー、ダイサー、エッチング装置、レーザー加工機から選択される少なくとも 1 種によって溝部 103 を形成するものである。

【0018】本発明の請求項 6 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、溝部 403 は第 1 の主面側 421 の予め基板 401 が露出された表面に形成されたものである。本発明の請求項 7 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、溝部 103 の幅が $10\mu\text{m}$ 以上 $35\mu\text{m}$ 以下であり、溝部 103 の深さが $3.7\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下である。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明者らは種々実験の結果、窒化物半導体素子を製造する場合において半導体ウエハーの特定箇所にレーザーを照射することにより、半導体特性を損傷することなく量産性に優れた窒化物半導体素子を製造することができることを見だし本発明を成すに至った。

【0020】本発明の方法による分離端面がブレイクラインに沿って平坦に形成される理由は定かではないが溝部形成に伴って溝部近傍に内部応力が生ずること及びその内部応力とブレイクラインが切断端面形状に大きく関係していると考えられる。

【0021】即ち、ダイサーやダイヤモンドスクライバーなどにより機械的に削りとられた溝部は、その溝部形成時に内部応力が生ずる。特に、溝部の底面に沿ってダ

イヤモンドスクライバーによるスクライブ・ラインを形成する工程においてはスクライバーの刃先にかかる加重で溝部底以外にも広く歪みが増幅される。そのため、溝部形成後にダイヤモンドスクライバーで分離させると半導体ウエハー内に保持された応力によって所望通りの端面が形成されず、より正確に窒化物半導体ウエハーが分離できないと考えられる。

【0022】本発明はダイサーにより生じた内部応力に依存することなくレーザースクライバーにより分割に寄与する局所的な応力を発生させる。これにより端面が綺麗（平滑）であり量産性の良い窒化物半導体素子を製造することができると考えられる。また、窒化物半導体素子を分離されるためには半導体ウエハーの厚みが部分的に薄い溝部を形成させる。その溝部よりも狭いブレイク・ラインをレーザー照射により形成することで、極めて細いブレイク・ラインを所望の深さまで深く形成することができ量産性の良い窒化物半導体素子を分離できるものである。以下、本発明の製造方法例について説明する。

【0023】半導体ウエハーとして、LD (laser diode) となる構成の窒化物半導体層をスピネル基板上に形成させた。具体的には、スピネル基板上に、Ga₂Nのバッファ層、n型Ga₂Nのコンタクト層、n型AlGa₂Nのクラッド層、n型Ga₂Nの光ガイド層、SiをドーブルInの組成を変化させた多重量子井戸構造となるInGa₂Nの活性層、p型AlGa₂Nのキャップ層、p型Ga₂Nの光ガイド層、p型AlGa₂Nのクラッド層及びp型Ga₂Nのコンタクト層が積層されている。この半導体ウエハーのスピネル基板側をウエットエッチングにより半導体ウエハー表面に溝部を縦横に形成させる。CO₂レーザーを溝部の底面に照射してスピネル基板内部に加工変質部としてブレイク・ラインを溝部に沿って縦横に形成させた。ブレイク・ラインに沿ってローラーによる加圧により窒化物半導体素子として分離させる。分離された窒化物半導体素子は何れも端面が綺麗に形成されている。以下、本発明の工程に用いられる装置などについて詳述する。

【0024】（窒化物半導体ウエハー）窒化物半導体ウエハーとしては、基板上に窒化物半導体層が形成されたものである。窒化物半導体の基板としては、サファイア、スピネル、炭化珪素、酸化亜鉛や窒化ガリウム単結晶など種々のものが挙げられるが量産性よく結晶性の良い窒化物半導体層を形成させるためにはサファイア基板、スピネル基板などが好適に用いられる。サファイア基板などは劈開性がなく極めて硬いため本発明が特に有効に働くこととなる。

【0025】窒化物半導体 (In_xGa_yAl_{1-x-y}N、0 ≤ x, 0 ≤ y, x + y ≤ 1) はMOCVD法やHVP E法などにより種々形成することができる。窒化物半導体にPN接合、PIN接合、MIS接合を形成させるこ

とにより半導体素子として利用することができる。半導体の構造もホモ接合、ヘテロ接合やダブルヘテロ接合など種々選択することができる。また、半導体層を量子効果が生じる程度の薄膜とした単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0026】窒化物半導体はバンドギャップが比較的大きく熱に強いことから紫外から赤色系まで発光可能な発光ダイオード、DVDなどに利用可能な短波長レーザーなどの発光素子、光センサーや比較的高起電力を有する太陽電池などの受光素子、耐熱性を持つトランジスターなど種々の半導体素子として利用することができる。

【0027】基板の厚さとしてはレーザー加工機の加工精度や出力により種々選択することができるがレーザーにより大きい溝（深い溝）を形成させる場合はダイサーに比べて時間が掛かること及び長時間の加熱による部分的な破壊などの観点からレーザー加工による溝部などを大きく形成させすぎないことが好ましい。

【0028】また、ダイサーなどにより半導体ウエハーに形成される溝部としては、歩留りよく所望の形、サイズに量産性良く形成する観点から溝部の幅が35 μm以下が好ましく30 μm以下がより好ましい。更に好ましくは25 μm以下である。下限については特に制限はないがダイサーで形成する場合、あまり薄くし過ぎると刃先がぶれるため溝部を細くかつ深く形成しがたい傾向にある。したがって、10 μm以上が好ましく、15 μm以上がより好ましい。さらに、好ましくは20 μm以上である。また、溝部の深さは半導体ウエハーの厚みにもよるが量産性や分離のし易さから3.7 μm以上が好ましく、より好ましくは4.5 μm以上である。更に好ましくは5.2 μm以上である。上限値は特に制限はないが量産性を考慮して100 μm以下であることが望ましい。同様に、溝部が幅35 μm以下深さ5.2 μm以上、より好ましくは幅30 μm以下深さ4.5 μm、更に好ましくは幅25 μm以下深さ3.7 μm以上の範囲においてはダイヤモンドスクライバーでは溝部に図6の如く半導体ウエハーの分割に寄与するスクライブ・ラインを形成することができないため本発明の効果が特に大きい。

【0029】なお、窒化物半導体ウエハーに単に溝を形成する方法としては、ウエットエッチング、ドライエッチング、ダイサー、ダイヤモンドスクライバーやレーザーの加工さらにはこれらの組合せにより形成することができる。しかしながら、ある程度の幅を持ち効率よく半導体ウエハーの厚みを部分的に薄くさせるためにはダイサーを用いることが好ましい。特に、ダイサーを用いて溝部を形成させた場合は、チップ状に分割した時の端面の綺麗さ（平滑性）の差が顕著に出る傾向にある。即ち、ダイサーを用いて溝部を形成させた後にレーザーを用いて半導体ウエハーを分離したものと、ダイサーを用いて溝部を形成させた後にダイヤモンドスクライバーに

より分離させたものとをそれぞれ比較するとレーザーにより凹部を形成させたものの方が分離端面が綺麗に形成される傾向にある。このような平滑性は、透光性絶縁層であるサファイア基板を利用した光学設計をする場合には顕著な違いとなる場合がある。

【0030】窒化物半導体が積層されたサファイア基板を分離させる場合、切断端面を量産性良く切断させるために窒化物半導体ウエハーの最も薄い分離部の厚みは100 μ m以下が好ましい。100 μ m以下だとチップングなどが少なく比較的容易に分離することができる。また、基板の厚さの下限は特に問わないが、あまり薄くすると半導体ウエハー自体が割れやすく量産性が悪くなるため30 μ m以上であることが好ましい。

【0031】窒化物半導体層が単一量子井戸構造や多重量子井戸構造などの薄膜を含む場合、レーザー照射による半導体接合や半導体層の損傷を防ぐ目的で予めレーザーが照射される窒化物半導体層をエッチングなどにより予め除去することもできる。

【0032】発光ダイオード用の窒化物半導体ウエハーとする場合、基板で通常200から500 μ mの厚みがあり、pn接合を持つ窒化物半導体層で数 μ mから数十 μ mの厚みがある。したがって、半導体ウエハーのほとんどが基板の厚みで占められることとなる。レーザーによる加工を行いやすくするために基板の厚みを研磨により薄くすることができる。このような研磨は、窒化物半導体を形成させてから薄くしても良いし薄く研磨した基板上に窒化物半導体を形成させることもできる。

【0033】なお、レーザーが照射された窒化物半導体ウエハーは、その焦点となる照射部が選択的に飛翔する或いは微視的なマイクロ・クロックの集合である加工変質部になると考えられる。また、本発明のブレイク・ラインは半導体ウエハーの溝部表面を除去しても良いし基板の溝部よりも内部側に加工変質部を形成させても良い。さらに、本発明は溝部近傍に形成されたレーザー加工によるブレイク・ラインに加えて半導体ウエハーの総膜厚の中心をレーザー加工させても良い。

【0034】(レーザー加工機) 本発明に用いられるレーザー加工機としては、ブレイク・ラインとなる凹部、加工変質部などが形成可能なものであればよい。具体的には、YAGレーザー、CO₂レーザーやエキシマ・レーザーなどが好適に用いられる。特に、YAGレーザーは熱の変質が少なくブレイク・ラインを形成することができる。また、CO₂レーザーはパワーを上げることができるため切断能力に優れる。

【0035】レーザー加工機によって照射されるレーザーはレンズなどの光学系により所望により種々に焦点を調節させることができる。したがって、レーザー照射により半導体ウエハーの任意の焦点に窒化物半導体を損傷させることなく凹部、加工変質部などを形成させることができる。また、レーザーの照射面は、フィルターを通

すことなどにより真円状、楕円状や矩形状など所望の形状に調節させることもできる。

【0036】レーザー加工機によるブレイク・ラインの形成にはレーザー照射装置自体を移動させても良いし照射されるレーザーのみミラーなどで走査して形成させることもできる。さらには、半導体ウエハーを保持するステージを上下、左右、90度回転など種々駆動させることにより所望のブレイク・ラインを形成することもできる。以下、本発明の実施例について詳述するが実施例のみに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0037】

【実施例】(実施例1) 厚さ200 μ mであり洗浄されたサファイアを基板101としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハーを形成させた。窒化物半導体は基板を分割した後に発光素子110として働くよう多層膜として成膜させた。まず、510℃において原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMG(トリメチルガリウム)ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約200オングストロームのパッファー層を形成させた。

【0038】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1050℃に挙げ再びNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSiH₄(シラン)ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4 μ mのGa_aN層を形成させた。

【0039】活性層は、一旦、キャリアガスのみとさせ反応装置の温度を800℃に保持した後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、TMI(トリメチルインジウム)及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3nmのアンダーブI n Ga_aN層を堆積させた。

【0040】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1050℃に保持した後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMA(トリメチルアルミニウム)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mg(シクロペンタジエルマグシウム)ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流しp型クラッド層として厚さ約0.1 μ mのGa_aAl_aN層を形成させた。

【0041】最後に、反応装置の温度を1050℃に維持し原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流しp型コンタクト層として厚さ約0.5 μ mのGa_aN層を形成させた(なお、p型窒化物半導体層は400℃以上でアニール処理してある。)

【0042】半導体ウエハーに、RIE(Reactive Ion Etching)によって窒化物半導体表面側から溝部が形成されるサファイア基板との境界面が露出するまでエッチ

ングさせ複数の島状窒化物半導体層が形成された半導体ウエハーを用いる。なお、エッチング時にp-n各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、p-n各半導体層には、電極120がスパッタリング法により形成されている(図1(A))。

【0043】こうして形成された窒化物半導体ウエハー100のサファイア基板101を100 μ mまで研磨した後、半導体ウエハー100のサファイア基板面111が上になるように水平方向に自由駆動可能なテーブル上に真空チャックを用いて固定させた。ブレード回転数30,000rpm、切断速度3mm/secでステージを移動させることによりサファイア基板101の底面に幅約30 μ m、深さ約15 μ mの溝を縦横に形成し溝部103とさせる。溝部103は、窒化物半導体ウエハー100のサファイア基板露出面側111から見るとエッチング面130と略平行に形成されておりそれぞれがその後に窒化物半導体素子となる300 μ m角の大きさに形成させてある(図1(B))。

【0044】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー(356nm)が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた(不示図)。窒化物半導体ウエハー100の固定は維持したままレーザーの焦点を窒化物半導体ウエハーの溝部103底面に結ばれるようレーザーの光学系を調節させる。調節したレーザー光線を16J/cm²で照射させながらステージを移動させることにより溝部103の底面に沿って深さ約3 μ mの更なる溝としての凹部104をブレイク・ラインとして形成する(図1(C))。

【0045】ブレイク・ラインに沿って、ローラー(不示図)により荷重をかけ、窒化物半導体ウエハー100を切断分離することができる。分離された窒化物半導体素子110の端面はいずれもチップングやクラックのない窒化物半導体素子を形成することができる(図1(D))。

【0046】こうして形成された窒化物半導体素子であるLEDチップに電力を供給したところいずれも発光可能であると共に切断端面にはクラックやチップングが生じているものはほとんどなかった。また、発生していたチップングも極めて小さいものであり、歩留りは98%以上であった。

【0047】これにより、ブレイク・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーを利用したものと異なりカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。製造歩留りを高め、形状のバラツキが低減できる。特に、切り代を小さくし、半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。

【0048】(実施例2) 実施例1のレーザー照射装置における焦点深さをレーザーの光学系を調整させて深くさせた以外は実施例1と同様にしてブレイク・ラインを

形成させた。形成されたブレイク・ラインは基板201の表面となる溝部203に凹部は形成されていないが基板201内部に加工変質部として形成されている(図2(C))。

【0049】ブレイク・ラインの形成を溝部203底面ではなく基板201内面に形成させても実施例1のLEDチップとほぼ同様の歩留りを形成することができる。

【0050】(実施例3) 厚さ150 μ mであり洗浄されたサファイアを基板301としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハー300を形成させた。窒化物半導体は基板上に多層膜として成膜させた。まず、510 $^{\circ}$ Cにおいて原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMG(トリメチルガリウム)ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約200 \AA のバッファ層を形成させた。

【0051】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1050 $^{\circ}$ Cに挙げ再びNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSiH₄(シラン)ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4 μ mのGaN層を形成させた。

【0052】活性層は、一旦、キャリアガスのみとさせ反応装置の温度を800 $^{\circ}$ Cに保持した後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、TMI(トリメチルインジウム)及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3nmのアンドープInGaN層を堆積させた。

【0053】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1050 $^{\circ}$ Cに保持した後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMA(トリメチルアルミニウム)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mg(シクロペンタジエルマグシウム)ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流しp型クラッド層として厚さ約0.1 μ mのGaAlN層を形成させた。

【0054】最後に、反応装置の温度を1050 $^{\circ}$ Cに維持し原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流しp型コンタクト層として厚さ約0.5 μ mのGaN層を形成させた(図3(A))。

(なお、p型窒化物半導体層は400 $^{\circ}$ C以上でアニール処理してある。) 形成させた半導体ウエハー300を窒化物半導体が形成された表面321を上にして水平方向に自由移動可能なステージ上に真空チャックを用いて固定させた。ダイサー(不示図)によりブレード回転数30,000rpm、切断速度3mm/secで窒化物半導体積層面側321から基板301まで半導体ウエハー300の主面に縦横の溝部303を形成させる。ダイサーにより形成された溝部303は、幅25 μ

mであり溝部303の底面と窒化物半導体が形成されていないサファイア基板露出面側311との間隔が、50 μ mでほぼ均一になるように形成させる(図3(B))。

【0055】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー(356nm)が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた(不示図)。窒化物半導体ウエハー300の固定は維持したままレーザーの光学系を調節して形成された溝部303底面に焦点が合うようにさせる。調節したレーザー光線を16J/cm²で照射させながらステージを移動させることにより溝部303に沿って深さ約3 μ mの凹部304をブレイク・ラインとして形成する(図3(C))。

【0056】ブレイク・ラインに沿って、ローラー(不示図)により荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハー300を切断分離することができる。分離された窒化物半導体素子310の端面はいずれもチップングやクラックのほぼない窒化物半導体素子を形成することができる(図3(D))。こうして形成された窒化物半導体の切断端面にはクラックやチップングが生じているものはほとんどなかった。

【0057】(実施例4)実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハー400のサファイア基板401をさらに80 μ mまで研磨して鏡面仕上げされている。この半導体ウエハー400を窒化物半導体積層側421を上にして実施例3と同様のステージ(不示図)に固定配置させた(図4(A))。

【0058】実施例4においては予めエッチングされたエッチング面430に沿ってダイサーにより窒化物半導体積層面側421から幅約25 μ m、深さ約10 μ mの溝部403を形成させる(図4(B))。

【0059】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー(356nm)が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた(不示図)。窒化物半導体ウエハー400の固定は維持したままレーザーの光学系を調節して形成された溝部403底面に焦点が合うようにさせる。調節したレーザー光線を16J/cm²で照射させながらステージを移動させることにより溝部403に沿って深さ約3 μ mの凹部404をブレイク・ラインとして形成する(図4(C))。

【0060】ブレイク・ラインに沿って、ローラー(不示図)により荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハー400を切断分離することができる。分離された端面はいずれもチップングやクラックのほとんどない窒化物半導体素子410を形成することができる(図4(D))。

【0061】分離された窒化物半導体素子であるLEDチップ410に通電させたところ何れも発光可能であり、その端面を調べたところチップングやクラックが生じているものはほとんどなかった。歩留りは98%以上であった。

【0062】(実施例5)実施例1のYAGレーザーの照射の代わりにエキシマ・レーザーを用いた以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離してLEDチップを形成させた。実施例1と同様、形成されたLEDチップの分離端面はいずれも発光可能でありチップングやクラックのない綺麗な面を有している。

【0063】(比較例1)レーザー加工の代わりに溝部に沿ってダイヤモンドスクライバーにより繰り返し3回スクライブした以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離させた。比較例1の分離された窒化物半導体素子は部分的にクラックやチップングが生じていた。また、図7の如き歪んだスクライブ・ラインが形成され約75%の歩留りであった。

【0064】

【発明の効果】本発明は半導体ウエハーの基板に達する溝部を形成し、その溝部にレーザー照射によるブレイク・ラインを形成する。これにより刃先消耗等による加工精度の劣化を引き起こすことなく、より幅が狭くかつ深い溝部に、加工バラツキのない高精度のブレイク・ライン形成を可能にし、容易にかつ正確にブレイク・ラインに沿って窒化物半導体素子を分割することが可能となる。そのため、形状の揃った製品供給、及び製品歩留りの向上が可能となる。

【0065】また、レーザー照射により半導体ウエハーに対して非接触でブレイク・ラインを形成することにより、従来のようなスクライブ・カッターの劣化、交換により発生していた加工コストの低減が可能となる。

【0066】さらに、半導体層面側から基板に達する溝部を、あらかじめ窒化物半導体が除去された半導体ウエハーに形成することで、溝部形成による半導体への損傷がなく信頼性の高い素子を製造することが可能となる。

【0067】窒化物半導体積層面側の凹部をレーザー照射により形成することで、より幅の狭い溝部を形成することですむ。このため半導体ウエハーからの窒化物半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は本発明の実施例1における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【図2】 図2は本発明の実施例2における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【図3】 図3は本発明の実施例3における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【図4】 図4は本発明の実施例4における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【図5】 図5は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーの切断方法を示した模式的部分断面図である。

【図6】 図6は窒化物半導体ウエハーをダイヤモンドスクライバーにより切断する時の模式的部分断面図である。

【図7】 図7は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーのスクライプライン形成時に生じる歪みを示した模式的な部分平面図である。

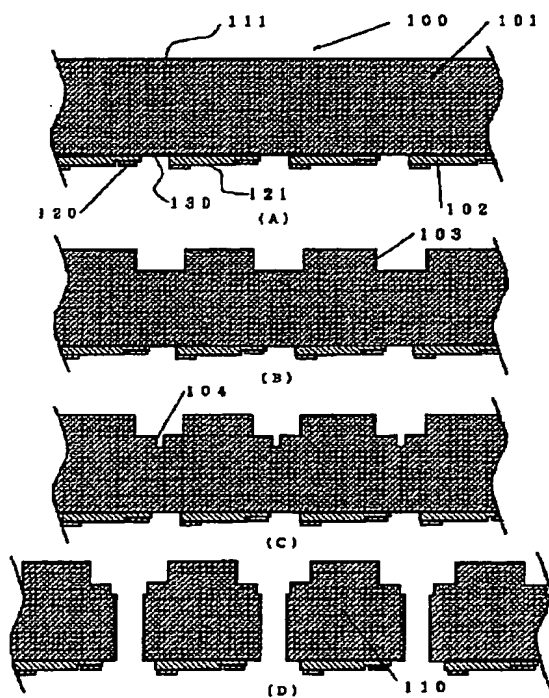
【符号の説明】

100、200、300、400、700・・・半導体ウエハー
 101、201、301、401・・・基板
 102、202、402・・・島状窒化物半導体
 103、203、303、403・・・基板表面に形成された溝部
 104、304、404・・・溝部底面に形成した凹部によるブレイク・ライン
 204・・・基板内部に形成した加工変質部によるブレイク・ライン
 302・・・窒化物半導体
 110、210、310、410・・・窒化物半導体素子

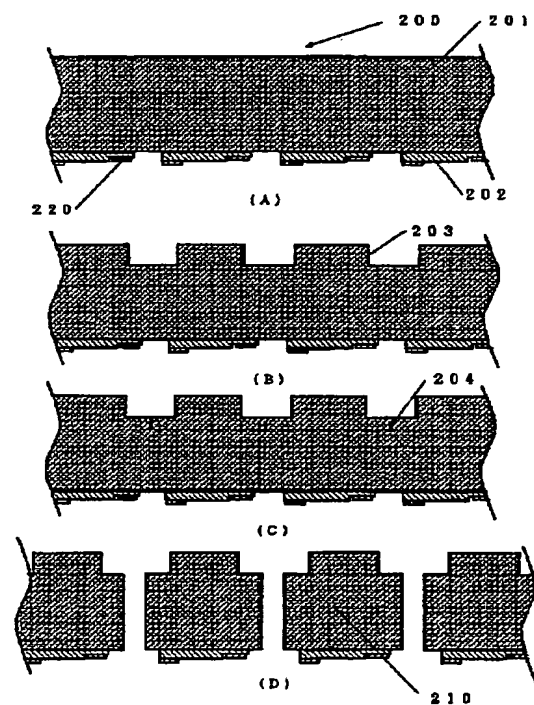
子

111、311、411・・・基板露出面側
 120、220、420・・・電極
 121、321、421・・・窒化物半導体積層側
 130、430・・・エッチング面
 500、600・・・半導体ウエハー
 501・・・基板
 502・・・窒化物半導体層
 503、603・・・サファイア基板に形成した溝部
 504、604・・・溝部底面に形成したスクライプ・ライン
 510・・・窒化物半導体素子
 601・・・ダイヤモンドスクライバーの刃先
 703・・・正常に形成されたスクライプ・ライン
 704・・・歪んで形成されたスクライプ・ライン

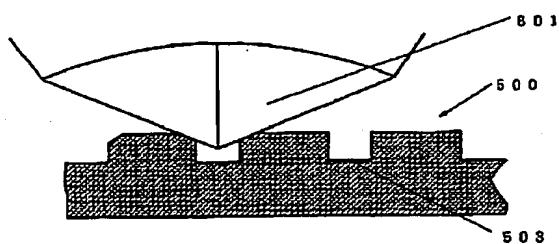
【図1】



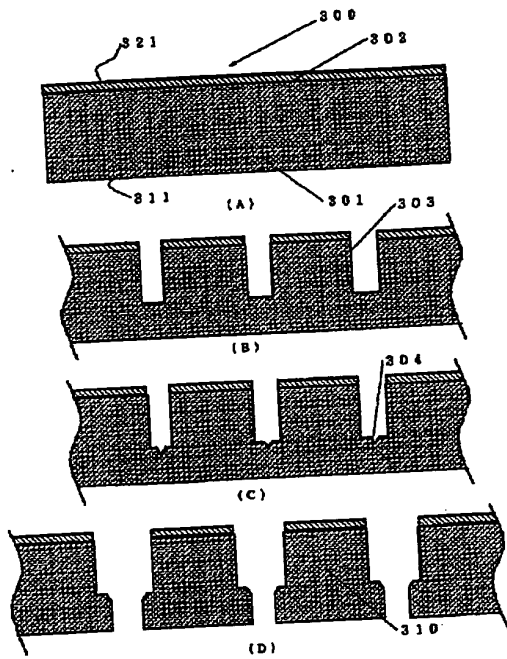
【図2】



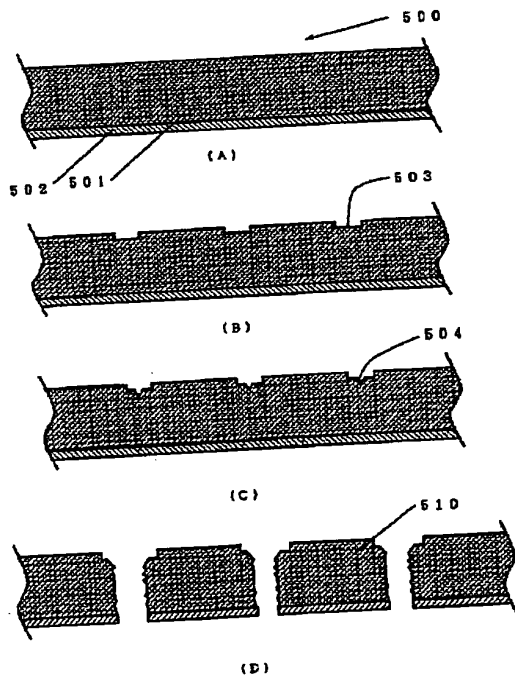
【図6】



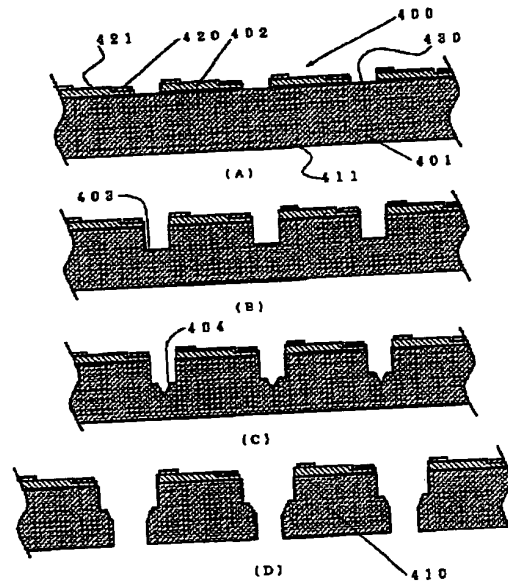
【図3】



【図5】



【図4】



【図7】

